

II-5 センサーフュージョンによる自動都市モデル生成

織田 和夫

土居原 健

汪 平涛

柴崎 亮介

Kazuo Oda

Takeshi Doihara

Wang Pingtao

Ryosuke Shibasaki

【抄録】 将来必要となる3次元地図インフラストラクチャーの効率的な整備方法として、多種のセンサ（空中写真・レーザスキャナ）から得られるデータの自動処理によって都市の3次元モデルを構築する方法について述べる。本論文においては、3次元計測精度に優れるレーザスキャナデータと地上分解能に優れる空中写真を組み合わせ、建物境界の抽出と3次元化を行う手法について報告する。

【キーワード】 レーザスキャナ・都市3次元モデル・空中写真・VRML・トゥルーオルソ

1. はじめに

IT技術やCG技術の発展に伴い、地図の概念の拡張が進んでいる。従来の地図は紙を媒体としていたため、「記号化された空間の2次元表現」であった。サイバースペース上で規模なデータ交換や表示化可能になってきた現在、地図は「コンピュータ上に表現される実世界モデル」となりつつある。実世界をリアルに再現するためには、本質的にデータは3次元でなければならない。

実世界をコンピュータに取り込むにあたり、2つの大きな問題がある。1つは様々な用途に応じることができるデータ構造の定義であり、もう一つはコストパフォーマンスのよいデータ構築方法である。ここではレーザスキャナデータと空中写真画像を組み合わせた3次元都市モデルデータ構築方法について述べる。

レーザスキャナはその登場当初から、3次元モデルの自動構築への応用の可能性が探られてきた。特に都市域においては、オクルージョンの影響で精度の良いステレオ画像マッチングが難しいので、レーザスキャナの適用が最も期待される領域の一つである。

最近では、都市部全域のDSMや3次元モデルなど、レーザスキャナを利用した都市関連データ商品も現れ始めた。しかしながら、レーザスキャナを用いた都市3次元モデルの自動生成

については、一般に認められるような技術的方法が確立しているとは言いがたい。現在国内で商品化されているモデルは、建物の2次元形状を既存の地図に求め、それに高さを割り付けるといった手法で生成されたものか、もしくは標高メッシュデータ形式のもので、レーザデータから建物形状を抽出するものではない。前者の建物形状の精度は地図にある建物形状に依存する。また標高メッシュデータ形式の場合、データ容量はメッシュサイズの2乗に比例するため、広域を表現するためにはデータ量が膨大となり、精密な建物形状表現には適さない。

本論では、空中写真画像とレーザスキャナデータの“データフュージョン”による建物形状を自動抽出と都市三次元モデル生成方法とその処理例を紹介する。ここでは、空中写真画像とレーザスキャナデータを組み合わせ、建物形状と表現形式（テクスチャ画像）の品質を向上させることに主眼を置いている。

2. 都市3次元モデル自動生成手法

レーザスキャナによる地表面モデルは空中写真のステレオマッチングによって得られるものに比べれば標高精度が高いが、計測対象が何であるかを判断するテクスチャを得ることはできない。また構造物境界位置精度はデータの地上分解能が限界である。そこで、テクスチャ情報

に富み、構造物の境界をより精度良く計測できる空中写真画像とレーザスキャナデータをフュージョンして構造物のポリゴン化とテクスチャ画像割付を行い、3次元都市モデルを自動的に構築する。

本手法の概略フローを図1に示す。

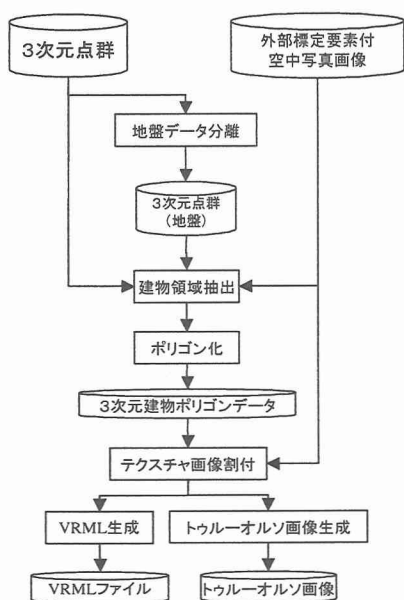


図1 都市3次元モデル生成フロー

(1) 地盤データ分離

レーザスキャナで得られた3次元点群を、適当なフィルタリング処理により地盤上の点群を抽出する。

(2) 建物領域抽出

地盤上の点群から地盤面を推定し、それより閾値以上高い平面部分を3次元点群から建物領域として抽出する。

(3) ポリゴン化

上記平面部分の周辺境界をHough変換によって抽出する。これを閉図形に構成することによって、建物ポリゴンを得る(図2)。境界抽出にあたっては、補助データとして空中写真画像を用いることも可能である。

(4) テクスチャ画像割付

得られた建物ポリゴンから3次元建物モデルを生成し、これにテクスチャ画像を貼り付ける。この際モデルの面とテクスチャ画像の対応関係は、外部標定要素を用いて自動的に計算される。

オーバーラップ・サイドラップを多く撮影しておけば、建物壁面のテクスチャ画像も空中写真画像から得ることができる。

(5) VRML生成

上記画像割付結果を用いて、3次元モデルをVRMLにて出力する。



(1) レーザスキャナデータ



(2) 建物ポリゴン化処理結果

図2 建物ポリゴン化処理

本手法では、空中写真画像等をテクスチャ画像に利用してより自然なモデルを効率的に生成することができる。また、建物をポリゴンに構成してデータ圧縮することができる。例えば、1mメッシュのレーザのランダムDSMのデータを約10分の1程度に圧縮することができる。

4. 都市モデル自動生成処理例

4. 1 使用レーザスキャナ

レーザスキャナには、Optech 社 ALTM2033 をベースとするレーザスキャナシステムを使用した。本システムはパルス周波数 33,000Hz であり、高速に移動する航空機からのデータ取得においても 1m 程度の高い解像度を実現することができる。また高解像度のカラーデジタルカメラがシステムに内蔵されていることが大きな特長である。撮影された各画像には、撮影された瞬間のカメラの位置や姿勢といった標定要素が GPS/IMU システムにより直接与えられるので、従来からの航空写真では必須であった対空標識設置や測量、空中三角測量といった作業の必要はない。これらの画像はレーザスキャナで得られた情報を組み合わせることにより、オルソフォト生成や 3 次元モデルテクスチャとして利用することが可能である。

レーザスキャナのシステム諸元を表 1 に、レーザスキャナのセンサーヘッド部を図 3 に示す。

表 1 レーザスキャナの主要諸元

性能項目	諸元
メーカー	Optech 社(カナダ)
運用高度	175~3,000m
観測幅	0.68×飛行高度
パルス周波数	25,000Hz/33,000Hz
高さ精度(1 σ)	15cm(高度 1,000m)
水平精度(1 σ)	1/2,000×飛行高度
走査角	0~±20°(可変)
スキャン周波数	可変(例)28Hz/±20°
ビームの広がり	0.80/0.20mrad
パルスモード	First/Last 同時取得
最小アイセーフ高度	175m(0.80mrad)/ 550m(0.20mrad)
反射受光強度	可
画像	デジタルカメラ(カラー、2K×3K)

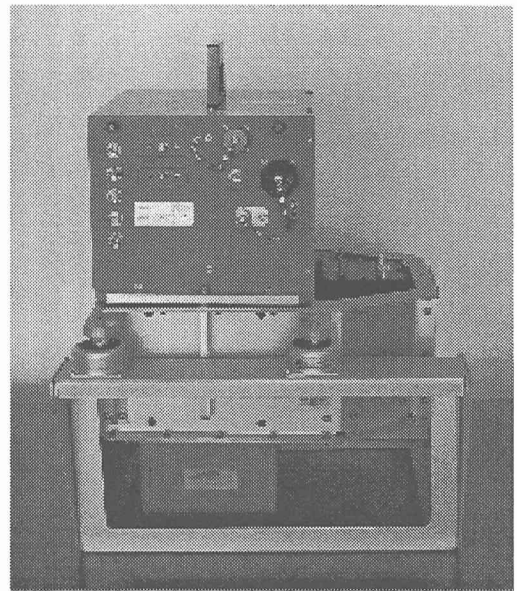


図 3 レーザスキャナのセンサーヘッド

4. 2 処理事例

(1) 銀座地区

銀座地区の都市三次元モデル生成事例を図 4 に示す。ここでは 1m 解像度のレーザスキャナデータと、同時に搭載されたデジタル画像を元に作成している。デジタル画像の標定要素は、内蔵される GPS/IMU システムから直接観測されるものを用いている。

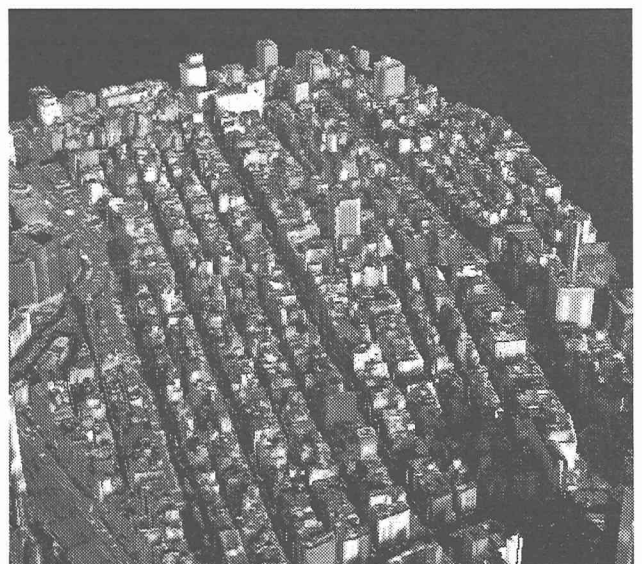


図 4 銀座地区 3 次元モデル

(2) 新宿

新宿地区の都市三次元モデル生成事例を図 5 に示す。1m 解像度の LaserBird II データ

と、30 枚の航空写真データを用いて作成している。航空写真はオーバーラップ80%、サイドラップ60%で撮影されており、高層ビルの壁面の一部については鮮明なテクスチャ画像を得ることができた。

- ・建物位置を厳密に表現できる。
- ・建物壁面はオルソフォト上に現れず、倒れこみがない画像となる。
- ・建物の陰になる地上部分を複数の写真で補い合うことができる。

5. トゥルーオルソフォト生成

建物形状が厳密に表現できると、空中写真上での建物の屋上・壁面の位置を決定することができる。さらに、空中写真内でどの部分が建物の陰になり、どの部分が見えているかを厳密に計算することができる。このことを応用して、建物部分が真位置に投影されるトゥルーオルソフォトを生成することができる（図 6）。トゥルーオルソフォトの特長は次のとおりである。

6. まとめ

レーザスキャナと空中写真を組み合わせることにより、建物壁面テクスチャデータを含む都市モデルを構築できることを示した。実際に見えない部分や、他の建物に移りこんでいる部分については、地上での画像撮影やエディットが必要になるが、本技術によってその作業量を大幅に削減することが可能となる。

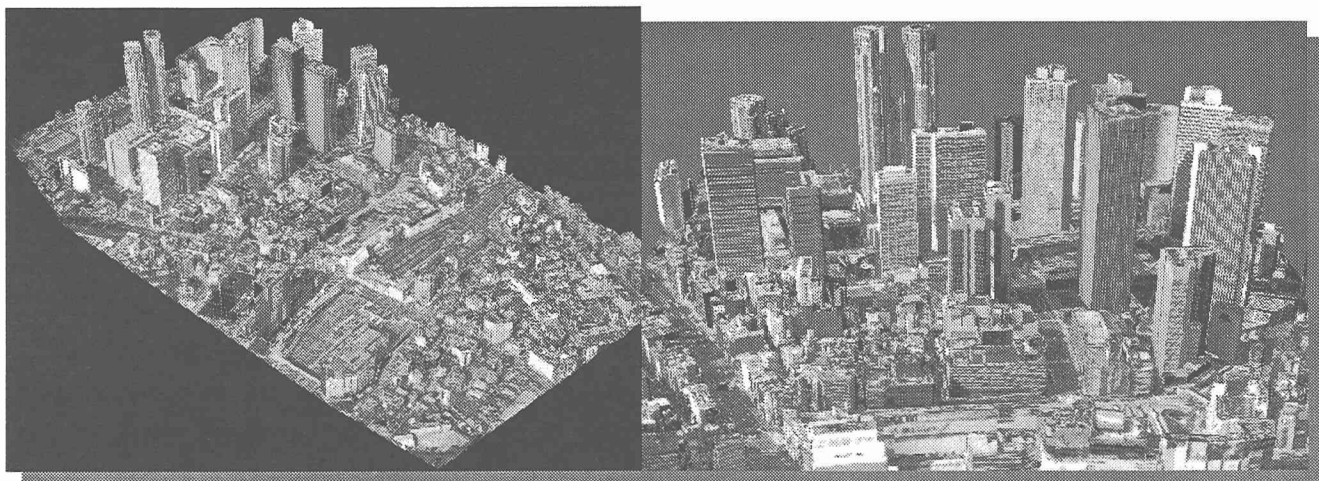


図 5 新宿地区テクスチャ付3次元モデル



図 6 新宿地区トゥルーオルソフォト